

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-14246

(P 2002-14246 A)

(43) 公開日 平成14年1月18日 (2002.1.18)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 6/122
6/13
6/12

G 0 2 B 6/12

A 2H047
M
N

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-193507 (P2000-193507)

(22) 出願日 平成12年6月27日 (2000. 6. 27)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(71) 出願人 500079388

平尾 一之

京都府京都市左京区田中下柳町8番地の94

(72) 発明者 松嶋 朝明

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

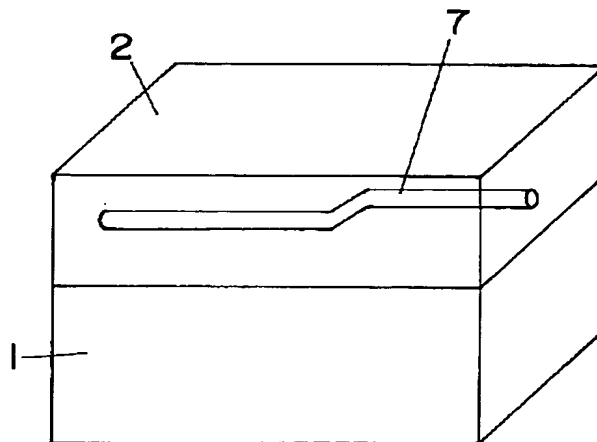
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 パワー強度の強いレーザー光を照射することにより材料そのものの改質を行い、その結果、屈折率を変化させることにより複雑な三次元状のコア領域が容易に形成される光導波路を提供する。

【解決手段】 有機材料からなる母相 2 の内部に、レーザー光 4 の照射により屈折率が変化したコア領域 7 が連続して形成されて成る。円形の断面をもち複雑な形状を有する三次元状のコア領域 7 を容易に形成することができる。有機材料を母相 2 として軽量化を図ると共に製造コストを低減することができる。製造工程においてコア領域 7 を形成した後、このコア領域 7 を固定化するような煩雑な工程が不要となる。



2 母相

7 コア領域

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 有機材料からなる母相の内部に、レーザー光の照射により屈折率が変化されたコア領域が連続して形成されて成ることを特徴とする光導波路。

【請求項 2】 ポリエチレンテレフタレート、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリフルオロカーボネート、ポリアミド、ポリイミド、シリコン、ポリフェニレンオキサイド、ポリスルホン、ポリフェニレンスルフィド、ポリブチレンテレフタレート、ポリアリレート、ポリアミドイミド、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリレート、クロスリンクドアクリレート、ポリシロキサン、ノルボルネン、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、トリアセチルセルロース、又はこれらのフッ素変性物、あるいはこれらの色素含有物のうちの少なくとも 1 種類以上の有機材料にて母相を形成して成ることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路。

【請求項 3】 光誘起屈折率変化を起こすエネルギー量をもつレーザー光を有機材料からなる母相の内部に集光し、母相内部で集光点を相対移動させ、連続した屈折率変化領域からなるコア領域を母相の内部に形成することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 4】 母相内の集光点におけるピークパワー強度が 10^2 W/cm^2 以上となるレーザー光を使用する請求項 3 記載の光導波路の製造方法。

【請求項 5】 繰り返し周波数 1 kHz 以上のパルスレーザー光を使用することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、有機材料の内部に屈折率変化領域からなるコア領域が連続的に形成され、光通信部品はもとより金属配線に代わる光配線板および光・電気混載配線板にも応用できる光導波路及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、光通信等において使用される光導波路は、 LiNbO_3 や LiTaO_3 に代表される酸化物単結晶材料やガラスなどの無機材料からなるものが用いられてきた。

【0003】 さらに最近は、有機材料を用いた光導波路も作製されている。この有機材料を用いた光導波路の作製方法の代表例を以下に示す。

【0004】 下部クラッド層となる有機材料をディッピングやスピンコート等の方法で基板の上に形成し、その後コア領域となる前記クラッド材料より屈折率の高い有機材料を形成する。この屈折率の高い材料を通常の半導体プロセスで用いられるフォトリソグラフィによりパターンニングする。次に反応性イオンエッチング (RIE)

法により所望のサイズのコア領域を形成する。最後にコア領域の上に下部クラッド層と同じ有機材料を用いコア領域を囲むように形成し上部クラッド層とするものである。

【0005】 また、電子ビームを照射して有機材料にコア領域を形成する方法もある (例えば特開平 7-92338 号公報に開示)。これは上述した方法と同じように下部クラッド層を形成した後、下部クラッド層とは異なる有機材料を下部クラッド層の上に形成する。次に、この有機材料に電子ビームを照射することにより屈折率を高める。次に、所望のパターンになるように電子ビームをスキャンし電子ビームの照射部をコア領域とする。最後にコア領域の上部に下部クラッド層と同じ有機材料を形成し、光導波路を作製するものである。

【0006】 これらの従来方法では、基板表面付近の面内にしかコア領域が形成できず、三次元光導波路は形成できない。一方、三次元光導波路を形成する方法としては、例えば特開平 9-311237 号公報に開示されている。この方法ではガラス内部に 10^5 W/cm^2 以上のピークパワー強度、繰り返し周波数 10 kHz 以上のパルスレーザー光をガラス内部に集光して、その集光点を相対的に移動することにより、ガラス内部に屈折率が高い領域を設け、これをコア領域とする。この方法では集光点を三次元的に移動させることによりガラス内部に簡単に任意形状の三次元状のコア領域を形成して三次元光導波路を作製することが可能である。

【0007】 また、有機材料についての三次元光導波路作製方法は、特開平 6-337320 号公報に開示されているように、感光性材料において、光照射により集光点の感光材料のみ屈折率を変化させることにより三次元光導波路を作製するものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述したように、反応性イオンエッチングや電子ビーム照射による光導波路作製方法においては、下部クラッド層、コア領域および上部クラッド層をそれぞれ別々に形成する必要があるが、工程が複雑となり、生産性が悪いものであった。また、コア領域の形状は上記反応性イオンエッチング法や電子ビーム照射法を用いる限り、円形の断面をもつコア領域の形成は困難であった。更にコア領域の形成においてはプロセス上の制約から平面的にしかパターンニングすることができず、コア領域は平面内にしか作製できないものであった。このため光導波路回路として用いる時に制限を受け、複雑な回路は形成できず、またコア領域の高密度化も望めないものであった。

【0009】 一方、特開平 6-337320 号公報で開示された感光性材料による三次元光導波路作製方法においては、光導波路に適した材料は感光性材料であることが必要である。また、非感光部も含め UV 光や自然光または加熱などの方法で感光性材料全体を重合させて固定

化することが必要であり、工程が複雑なものであった。

【0010】本発明は上記の点に鑑みて為されたものであり、パワー強度の強いレーザー光を照射することにより材料そのものの改質を行い、その結果、屈折率を変化させることにより複雑な三次元状のコア領域が容易に形成される光導波路及びこの光導波路の製造方法を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係る光導波路は、有機材料からなる母相2の内部に、レーザー光4の照射により屈折率が変化されたコア領域7が連続して形成されて成ることを特徴とするものである。

【0012】また請求項2に係る発明は、請求項1の構成に加えて、ポリエチレンテレフタレート、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリフルオロカーボネート、ポリアミド、ポリイミド、シリコン、ポリフェニレンオキサイド、ポリスルホン、ポリフェニレンスルフィド、ポリブチレンテレフタレート、ポリアリレート、ポリアミドイミド、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリレート、クロスリンクドアクリレート、ポリシロキサン、ノルボルネン、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、トリアセチルセルロース、又はこれらのフッ素変性物、あるいはこれらの色素含有物のうちの少なくとも1種類以上の有機材料にて母相2を形成して成ることを特徴とするものである。

【0013】本発明の請求項3に係る光導波路の製造方法は、光誘起屈折率変化を起こすエネルギー量をもつレーザー光4を有機材料からなる母相2の内部に集光し、母相2内部で集光点6を相対移動させ、連続した屈折率変化領域からなるコア領域7を母相2の内部に形成することを特徴とするものである。

【0014】また請求項4に係る発明は、請求項3の構成に加えて、母相2内の集光点におけるピークパワー強度が 10^2 W/cm^2 以上となるレーザー光4を使用することを特徴とするものである。

【0015】また請求項5に係る発明は、請求項3又は4の構成に加えて、繰り返し周波数 1 kHz 以上のパルスレーザー光4を使用することを特徴とするものである。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図1、2を示して説明する。

【0017】母相2は有機材料からなる成形体にて構成される。有機材料全般を使用することができ、感光性材料も使用することができるが、本発明においては感光性材料を除く有機材料をも適用することができる。この有機材料としては、例えばポリエチレンテレフタレート、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリフルオロカーボネート、ポリアミド、ポリイミド、シリコン、ポリ

フェニレンオキサイド、ポリスルホン、ポリフェニレンスルフィド、ポリブチレンテレフタレート、ポリアリレート、ポリアミドイミド、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリレート、クロスリンクドアクリレート、ポリシロキサン、ノルボルネン、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、トリアセチルセルロース、又はこれらのフッ素変性物、あるいはこれらの色素含有物のうちの少なくとも1種類以上の有機材料を使用することができる。

【0018】母相2は、上記のような有機材料を硬化成形することにより得られる。このようにして形成された母相2に、光誘起屈折率変化を起こすエネルギー量をもつレーザー光4を照射すると共に、このレーザー光4を母相2の内部に集光し、更にこのレーザー光4の集光点6を母相2に対して相対移動させることにより、母相2内部に連続した屈折率変化領域を形成し、この屈折率変化領域にてコア領域7を構成する。すなわち、レーザー光4が集光された部分の屈折率が変化してコア領域7が形成され、母相2のコア領域7以外の領域がクラッドを構成し、コア領域7中における光の伝達が可能となるものである。

【0019】ここで、光誘起屈折率変化とは、パルスレーザーの照射により屈折率が変化する現象であり、従来からP、Ce、Ge等を添加したシリカガラスにおける例が知られている。この屈折率変化の機構としては、紫外域に固有吸収をもつ酸素欠損がガラス中に存在し、吸収波長のレーザー光を照射することによりガラス中の酸素欠損に一部に構造変化が発生し密度が高くなるためと説明されている。一方、パルス幅が狭い、いわゆるフェムト秒パルスレーザーにより、種々の材料改質が報告されている。このフェムト秒パルスレーザー照射によりガラス材料中へのコア領域形成が例えば、特開平9-311237号公報において開示されている。フェムト秒レーザーによるガラス材料の屈折率変化の機構として、前述の酸素欠損の構造変化の他に、非常に高密度なプラズマの生成により照射点のガラスが高密度化されるといった説明がなされている。現在のところ、屈折率変化の機構は未だ明らかになっていないが、フェムト秒パルスレーザーはガラス材料中におけるコア領域の作製に有効に利用されているものである。本発明は、この光誘起屈折率変化が有機材料においても発現することを見出してなされたものである。

【0020】レーザー光4としては、有機材料の種類により異なるが、屈折率変化を起こすためには、 10^2 W/cm^2 以上のピークパワー強度を持つことが好ましい。ピークパワー強度が低すぎると光誘起屈折率変化が起こらないおそれがある。一方、エネルギーが高すぎると、有機材料の分解等が起こり適切な光誘起屈折率変化を起こすことができなくなるため、ピークパワー強度の

上限は 10^6 W/cm^2 とすることが好ましい。

【0021】また、通常のパルスレーザー光においては、パルス幅が広いため、レーザー照射によるエネルギーが母相中の格子系へ熱拡散してしまい、その結果、レーザー集光点近傍の材料も改質されてしまい、所望のサイズ以上の領域も材料改質され、集光点の周辺部にクラック等が発生するおそれがある。それに対して、母相2中の格子系への熱拡散が発生しない程度にパルス幅を狭くすると、レーザー照射によるエネルギーが母相2中の電子系に効率よく伝達され、格子系への熱拡散することはなくなる。このためレーザー光4の集光点6周辺部の改質が防止でき、所望の位置のみ光誘起屈折率変化を起こさせることができる。

【0022】上記のような熱拡散が発生しないとされるパルス幅は母相2を構成する材料により異なるが、数百フェムト秒以下が望ましい。

【0023】また、レーザー光4の繰り返し周波数が低いと、十分なエネルギーをレーザー光4の集光点6に与えることができなくなり、連続した屈折率変化領域を形成できなくなるおそれがある。連続した屈折率変化領域を形成して母相2内部にコア領域7を形成するためには、繰り返し周波数は少なくとも 1 kHz 以上、望ましくは 100 kHz 以上とすることが好ましく、また繰り返し周波数の上限は、 120 MHz とすることが好ましい。

【0024】以下に本発明の具体的な実施形態の例を示すが、本発明はその主旨を越えない限り、以下の実施形態の例に限定されるものではない。

【0025】（実施形態1）ガラス製の基体1上にスピンコート法により液状のフッ素化ポリイミドを $100 \mu\text{m}$ の厚みに塗布し、 350°C で1時間熱処理して硬化させ、母相2を形成する。この基体1をXYZステージ3の上にセットし、母相2を基体1を介してXYZステージ3上に配置する。XYZステージ3はコンピュータにより精密に位置制御され、セットされた基体1を任意の3軸方向に動かすことができるものである。次に、パルスレーザー光4を母相2に照射すると共にこのレーザー光4をレンズ5によって母相2の内部で集光し、それと同時にXYZステージ3を移動制御して母相2を $200 \mu\text{m/s}$ の速度で移動させる。このときレーザー光4の集光点6は、母相2に対して $200 \mu\text{m/s}$ の速度で相対移動する。ここでパルスレーザー光4はアルゴン励起の $\text{Ti:A}1_2\text{O}_3$ レーザーから発振されたパルス幅 150 フェムト秒 、繰り返し周波数 200 kHz 、ピークパワー強度 100 W/cm^2 のものである。

【0026】これによりレーザー光4の集光点6の軌跡に沿って、母相の屈折率が他の領域の屈折率より約0.3%高くなった屈折率変化領域が連続的に形成されて、コア領域7が形成されることとなる。このとき上記のように集光点6を母相2に対して相対的に移動させるよう

にしてコア領域7を形成することにより、コア領域7の形状を任意に制御でき、複雑な三次元状のコア領域7が容易に形成される。このように形成された光導波路に可視光を入射すると、コア領域7が形成されている領域のみが光が伝搬することが確認される。

【0027】また、このようにして作製したコア領域7の断面形状は直径約 $5 \mu\text{m}$ の円形に形成され、またクラッドとコア領域7間の界面損出が非常に小さく、微細なコア領域7の形成に適している。

【0028】尚、本実施形態では液状のフッ素化ポリイミドをガラス製の基体1上にスピンコートした後、硬化して薄板状にして基体1上に母相2を形成したが、予め有機材料をシート状又は板状に形成して得られる母相2を基体1上に接着するか、もしくはシート状又は板状に形成された母相2を単独の状態でXYZステージ3にセットして、レーザー光4を照射しても、コア領域7を形成できる。

【0029】（実施形態2）液状のフッ素化ポリイミドの代わりにポリメチルメタクリレートを用いた以外は、実施形態1と同様な方法により、光導波路を作製することができる。

【0030】この光導波路に、実施形態1の場合と同様に可視光を入射すると、コア領域7が形成されている領域のみが光が伝搬することが確認される。

【0031】また、このようにして作製したコア領域7の断面形状は直径約 $5 \mu\text{m}$ の円形に形成され、またクラッドとコア領域7間の界面損出が非常に小さく、微細なコア領域7の形成に適している。

【0032】（実施形態3）銅ポリイミド配線板に回路形成を施して電気配線を形成したものに基体1を構成し、この基体1上にスピンコート法により、実施形態1と同様の液状のフッ素化ポリイミドを $100 \mu\text{m}$ の厚みに塗布し、実施形態1と同様の条件にて硬化させ、母相2を形成する。更に、実施形態1と同様の方法にて母相2にコア領域7を形成する。

【0033】このようにすると、銅ポリイミド配線板と光導波路とが積層一体化された光・電気混載配線基板が得られる。この光・電気混載配線基板は、銅ポリイミド配線板の電気配線による電気信号伝搬特性及びコア領域7にて構成される光回路の光伝搬特性が、共に所望の特性を示すものとなる。

【0034】

【発明の効果】本発明の請求項1に係る光導波路は、有機材料からなる母相の内部に、レーザー光の照射により屈折率が変化されたコア領域が連続して形成されるため、円形の断面をもち複雑な形状を有する三次元状のコア領域を容易に形成することができ、また有機材料を母相として軽量化を図ると共に製造コストを低減することができ、更に製造工程においてコア領域を形成した後、このコア領域を固定化するような煩雑な工程が不要なも

のである。

【0035】また請求項2に係る発明は、請求項1の構成に加えて、ポリエチレンテレフタレート、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリフルオロカーボネート、ポリアミド、ポリイミド、シリコン、ポリフェニレンオキサイド、ポリスルホン、ポリフェニレンスルフィド、ポリブチレンテレフタレート、ポリアリレート、ポリアミドイミド、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリレート、クロスリンクドアクリレート、ポリシロキサン、ノルボルネン、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、トリアセチルセルロース、又はこれらのフッ素変性物、あるいはこれらの色素含有物のうちの少なくとも1種類以上の有機材料にて母相を形成するため、レーザー光照射によりコア領域を容易に形成することができるものである。

【0036】本発明の請求項3に係る光導波路の製造方法は、光誘起屈折率変化を起こすエネルギー量をもつレーザー光を有機材料からなる母相の内部に集光し、母相内部で集光点を相対移動させ、連続した屈折率変化領域からなるコア領域を母相の内部に形成するため、母相内に連続的に屈折率変化を誘起して円形の断面を持ち複雑な形状を有する三次元状のコア領域を容易に形成することができ、また有機材料を母相として軽量化を図ると共

に製造コストを低減することができ、更に製造工程においてコア領域を形成した後、このコア領域を固定化するような煩雑な工程が不要なものである。

【0037】また請求項4に係る発明は、請求項3の構成に加えて、母相内の集光点におけるピークパワー強度が 10^2 W/cm^2 以上となるレーザー光を使用するため、母相中に光誘起屈折率変化を連続的かつ安定して発現させて、良好なコア領域を形成することができるものである。

【0038】また請求項5に係る発明は、請求項3又は4の構成に加えて、繰り返し周波数1kHz以上のパルスレーザー光を使用するため、母相中に光誘起屈折率変化を連続的かつ安定して発現させて、良好なコア領域を形成することができるものであるものである。

【図面の簡単な説明】

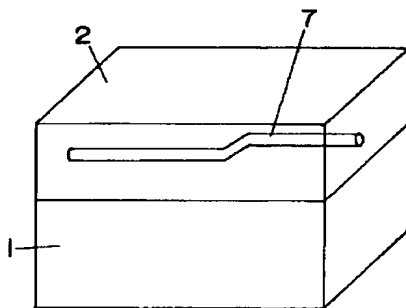
【図1】本発明に係る光導波路の一例を示す斜視図である。

【図2】本発明に係る光導波路の製造工程の一例を示す概略図である。

【符号の説明】

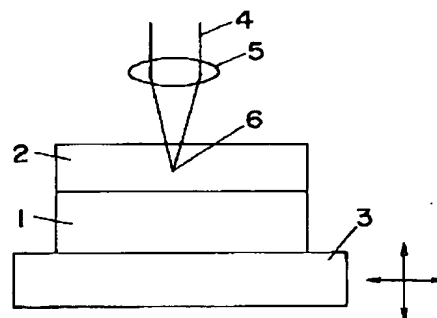
- 2 母相
- 4 レーザー光
- 6 集光点
- 7 コア領域

【図1】



2 母相
7 コア領域

【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 古森 清孝
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 柳生 博之
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 平尾 一之
京都市左京区田中下柳町8番地94号

Fターム(参考) 2H047 KA04 KA12 PA11 PA22 PA28

QA05